

De l'analyse des contraintes à la conception d'un système d'évaluation des performances d'un périmètre collectif irrigué : Fatnassa Nord, Kébili, Tunisie

Ghazouani W.^{***}, Marlet S.^{**}, Mekki I.^{**}, Vidal A.^{***}

*Umr G-Eau - Cirad, Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5, France

**Inrgref BP 10, 2080 Ariana, Tunisie

***Cemagref, 361, rue J.F. Breton BP 5095, 34196 Montpellier, Cedex 5, France

Résumé — Cette communication expose la méthode suivie pour mettre en place un système d'évaluation des performances d'un périmètre collectif irrigué, appliquée à une oasis au sud tunisien. Après avoir proposé une restructuration des déterminants de dysfonctionnement et des variables identifiées en relation avec le fonctionnement actuel du périmètre irrigué, on y expose la procédure d'acquisition des données. Le diagramme de classes distingue quatre ensembles de classes relatives aux exploitations agricoles, aux systèmes de culture, aux contraintes du milieu physique et aux irrigations. Les variables ont été renseignées et validées sur la base de mesures, d'observations de terrain, d'enquêtes et d'exploitation des données disponibles (plans parcellaires, rôle et feuilles du suivi journalier du tour d'eau). L'exploitation préliminaire des données montre, en premier lieu, un dysfonctionnement systématique du tour d'eau au cours de l'année agricole 2006-2007 où sa fréquence en saison estivale reste entre 70 et 30 jours pour les trois antennes d'irrigation. Les principaux déterminants de ces dysfonctionnements sont premièrement la surface irriguée qui est 1,12 fois supérieure à la surface officielle sur la base de laquelle est calculée la durée théorique du tour d'eau ; et deuxièmement la durée d'irrigation à la parcelle où la durée théorique fixée à 10 h/ha a été respectée pour seulement 12,84 % des parcelles élémentaires irriguées sur l'oasis. L'étude montre, ensuite, que la performance des palmeraies, exprimée en rendement du palmier dattier, présente une grande diversité et que le rendement total en dattes reste inférieur à 3 t/ha pour 40,88 % des parcelles irriguées et que seulement 34,28 % des parcelles ont un rendement supérieur à 10 t/ha. La base de données sera exploitée pour analyser et évaluer les déterminants de la performance des irrigations et des dysfonctionnements du tour d'eau, d'une part, et les déterminants de la performance des systèmes de cultures oasiens, d'autre part, tout en élaborant des indicateurs de performance du fonctionnement du périmètre oasien.

Introduction

Une préoccupation croissante de la performance des systèmes irrigués s'est manifestée au cours de ces dernières décennies. Toutefois, l'évaluation de cette performance a souvent été orientée vers l'évaluation de la performance de l'irrigation par des méthodes conventionnelles en rapport avec les aspects technico-hydrauliques de l'irrigation (Dechmi *et al.*, 2003 ; Isodoro *et al.*, 2004 ; Bekele et Tilahun, 2006). Pourtant, d'autres facteurs agronomiques, édaphiques, sociaux et économiques, en plus des aspects technico-hydrauliques, interagissent pour déterminer les performances des systèmes irrigués (Cai *et al.*, 2002 ; Qadir *et al.*, 2003 ; Bazzani, 2005 ; Gorantiwar et Smout, 2006 ; Phengphaengsy & Okudaira, 2008). La principale limite de ces approches reste la complexité de leur mise en œuvre d'autant que le fonctionnement des périmètres irrigués collectifs est complexe.

La nécessité d'une évaluation holistique pertinente et simple du fonctionnement des périmètres irrigués s'impose afin d'améliorer leur performance. Nous proposons dans cette communication une approche holistique de mise en place d'un système d'évaluation des performances d'un périmètre collectif irrigué en se fondant sur le langage UML (Unified Modeling Language).

Le langage UML est un langage en mode objet normalisé par l'OMG (Object Management Group) (OMG, 1999). C'est également un bon moyen pour maîtriser la complexité et assurer la cohérence du fonctionnement réel d'un système quelconque en termes d'objets physiques ou non physiques. De même, UML offre la possibilité d'adapter ses concepts à tout type de système (Koo *et al.*, 2003 ; Palluat *et al.*, 2006). Le diagramme de classes est la représentation la plus utilisée en langage objets (Koo *et al.*, 2003 ; Audibert, 2006). Cette représentation peut refléter d'une manière visuelle le fonctionnement réel d'un système donné.

L'objectif de ce travail est d'identifier et de mettre en relation les déterminants de la performance d'un périmètre collectif irrigué.

Cette phase de conceptualisation UML permettra : (i) de mieux comprendre le fonctionnement d'un système collectif irrigué tout en mettant en oeuvre l'ensemble des déterminants de ses performances ; et (ii) d'évaluer les impacts de ces déterminants. La méthodologie suivie dans cette étude de cas peut être appliquée à n'importe quel système irrigué pour une évaluation simple et pertinente de son fonctionnement tout en prenant en compte sa dimension intégrée.

Dans cette communication les hypothèses de dysfonctionnements sont inventoriées en se basant sur l'analyse des contraintes, préalable à cette phase. On s'attachera ensuite à la conceptualisation de la structure du périmètre et à la mise en place du système d'évaluation du fonctionnement du périmètre oasien en se basant sur des données de mesures, d'observations de terrain, d'enquêtes et d'exploitation des données disponibles (plans parcellaires et Rôle) dans la perspective de valider les hypothèses et élaborer des indicateurs de performances.

Matériels et Méthodes

Le terrain d'étude

L'oasis de Fatnassa, au sud de la Tunisie, est un périmètre collectif irrigué. Les ressources en eau sont partagées à moitié entre l'oasis de Fatnassa Nord et l'oasis de Fatnassa Sud. A Fatnassa Nord, le système est aménagé en un réseau gravitaire de conduites souterraines acheminant parallèlement trois mains d'eau pour desservir les trois secteurs de l'oasis. Le réseau de conduites souterraines alimente un réseau de séguis bétonnés. Ce réseau dessert les parcelles irriguées par submersion selon principalement trois systèmes : traditionnel, traditionnel amélioré et californien. La ressource en eau est entièrement souterraine, captée au niveau de trois forages. L'irrigation est au tour d'eau selon une règle théorique de 10 h/ha en période estivale et à la demande en période hivernale. Sa gestion est assurée par le Gda (Groupement de développement agricole) de Fatnassa. La surface officielle de l'oasis est de 112,46 ha répartis sur 467 parcelles officielles.

Les exploitations sont de taille et de performance variables en fonction du lignage (Ghazouani *et al.*, 2008a) mais aussi en fonction de la disponibilité des revenus externes et de la main-d'œuvre familiale (Fusillier et Amami, 2008).

L'oasis est drainée par un réseau de drainage enterré qui a remplacé en 2001 un système traditionnel en fossés à ciel ouvert. Le sol est de texture sableuse à sablo-limoneuse à forte proportion de gypse, et la nappe phréatique est subaffleurante. Pour plus de détail concernant cette oasis voir Ghazouani *et al.* (2008a et 2008b) et Marlet *et al.* (2008).

Méthode

Les cinq étapes suivies lors de la mise en place du système d'évaluation du fonctionnement de l'oasis sont : 1) – l'inventaire et la restructuration des hypothèses de dysfonctionnements et les interrelations possibles observées lors de la phase préalable d'analyse des contraintes (Ghazouani *et al.*, 2008a et 2008b) ; cette restructuration est basée sur le fonctionnement actuel du périmètre ;

2) – l’inventaire des variables à mettre en œuvre pour valider ces hypothèses ;
3) – la phase de conceptualisation : la procédure de conceptualisation consiste à l’identification de classes, de leurs attributs et de leurs identifiants. Il s’agit ensuite de la mise en relation des différentes classes et de l’identification des relations et des cardinalités. L’organisation du modèle peut être améliorée par le regroupement des classes dans des packages de même thématique ; les concepts suivants sont mobilisés pour cette phase de conceptualisation : classe, association, héritage ou généralisation et agrégation (Audibert, 2006) :

- une « classe » est un type de données abstrait. Elle est caractérisée par des propriétés communes à toute une famille d’objets. Ces propriétés sont les « attributs ». Un attribut spécifique caractérise d’une manière unique chaque objet, c’est l’« identifiant ». La classe est matérialisée par un rectangle divisé en deux parties, la partie supérieure porte le nom de la classe et la partie inférieure porte l’ensemble des attributs ; les classes sont mises en relation via des associations, des relations d’héritage, ou des relations d’agrégation ;

- une « association » est une relation entre deux classes qui décrit les connexions structurelles entre leurs objets. Elle est caractérisée par un nom (généralement un verbe) et une multiplicité matérialisée de part et d’autre du nom par une combinaison de chiffres 0..1 ou 1 ou 0..* ou 1 ; la « généralisation » décrit une relation entre une classe générale (classe mère) et une classe spécialisée (classe fille) ; la classe fille est intégralement cohérente avec la classe mère, mais comporte des attributs supplémentaires ; dans le langage UML, cette relation de généralisation se traduit par le concept d’« héritage » ; elle est matérialisée graphiquement par un triangle du côté de la classe mère ;

- une « agrégation » est une association qui représente une relation d’inclusion structurelle d’un élément dans un ensemble. Graphiquement, on ajoute un losange vide du côté de l’agrégat ;

- la « multiplicité » ou « cardinalité » peut être associée à une terminaison d’association ou d’agrégation ; elle déclare le nombre d’objets susceptibles d’occuper la position définie par la terminaison d’association ;

- « package » ou « paquetage » est un regroupement de classes appartenant au même champ sémantique par exemple ;

4) la quatrième étape concerne le « modèle logique et la « génération » de la base de données relationnelle sous Access ; le modèle logique est préalable à l’implémentation physique de la base de données ; il décode les relations d’association et d’agrégation par la migration des identifiants d’une classe à l’autre en fonction des cardinalités, et par la migration des tous les attributs de la classe mère à la classe fille en cas de relation d’héritage ; la base de données Access est en suite générée à partir du modèle physique ; les classes deviennent alors les tables de la base de données et les attributs deviennent les variables à renseigner ; chaque table doit avoir une clé primaire (l’identifiant de la classe correspondante) et une ou plusieurs clés secondaires (identifiants des classes reliées à la classe correspondante) ; l’intégrité référentielle doit être appliquée à la base de données pour vérifier les relations entre et tables et pour contrôler la saisie des données quand il s’agit de la multiplicité de la clé primaire ;

5) la cinquième étape consiste à renseigner la base de données : il s’agit d’identifier la procédure mise en œuvre pour renseigner chaque variable de la base de données (données disponibles, mesures, observations de terrain, enquêtes), et de vérifier leur validité.

Hypothèses et dysfonctionnements

Les travaux antérieurs sur la zone d’études (Ghazouani *et al.*, 2008a et 2008b) ont permis d’identifier deux grandes familles d’hypothèses relatives aux dysfonctionnements observés.

Les hypothèses A (A) ont trait aux déterminants des dysfonctionnements du tour d’eau et de la performance de l’irrigation :

- A1 : surface irriguée (durée et dose d’irrigation à la parcelle) : extension continue des surfaces irriguées et stratégie d’intégration des parcelles officialisées au tour d’eau ;

- A2 : stratégies et pratiques individuelles : (i) stratégie délibérée d’accès aux eaux gratuites ; (ii) degré d’implication du propriétaire et disponibilité de revenus externe et de la main-d’œuvre familiale en interaction avec le choix du système d’irrigation et la qualité de son entretien et la fréquence des amendements sableux (date du dernier ajout et type de l’intervention : totale/partielle, avec ou sans travail de sol,...) ; (iii) salinité élevée du sol.

Les hypothèses B (B) ont trait aux déterminants de la performance du palmier dattier :

- B1 : fréquence du tour d'eau et dose d'irrigation ;
- B2 : salinité du sol ;
- B3 : compaction et dégradation de la fertilité du sol ;
- B4 : position et salinité de la nappe ;
- B5 : pratiques culturales (amendements sableux et organiques) en relation avec le degré d'implication du propriétaire.

Les dysfonctionnements du tour d'eau et les déterminants de la performance de l'irrigation et du palmier dattier sont supposés avoir une structure spatiale.

Conceptualisation

La structure du périmètre révèle quatre grands ensembles de données (figure 1) à savoir les exploitations agricoles, les systèmes de cultures, les contraintes du milieu physique et les irrigations. Le langage UML permet d'identifier plusieurs classes à l'intérieur de chaque ensemble. Ces classes sont présentées ci-dessous en caractère *italique*. Le modèle de classes présenté à la figure 1 décrit la structure du périmètre oasien de Fatnassa Nord pour une année d'investigation, année agricole 2006-2007.

L'élément central de cette représentation est la *parcelle élémentaire*, actuelle unité du plan parcellaire, qui peut être composée d'une ou plusieurs *parcelle de base* (ancienne unité physique du plan parcellaire). La parcelle élémentaire peut être possédée par 1 *propriétaire* (0 si le nom n'a pas été identifié) par contre un propriétaire peut avoir au moins une parcelle élémentaire.

La parcelle élémentaire est le support d'un *système de culture* bien déterminé (0 si le système n'a pas été renseigné) et en retour un système de culture à un endroit bien déterminé ne caractérise qu'une seule parcelle élémentaire. Ce système de culture renferme deux catégories à savoir la *variété Deglet Nour* et les *Variétés communes*.

La parcelle élémentaire est caractérisée par un *sol* et une *nappe* (0 s'ils ne sont pas renseignés). Par contre à un lieu bien déterminé le sol et la nappe ne caractérisent qu'une seule parcelle élémentaire. Le sol est défini par une classe *amendement* et une classe salinité exprimée en *CEM* (Conductivité électromagnétique). Alors que la nappe est caractérisée par une *position haute* définie par des caractéristiques hivernales. La contrainte engorgement telle qu'elle est perçue par le propriétaire à un endroit bien déterminé, *perception engorgement*, ne caractérise qu'une seule parcelle élémentaire.

La *parcelle hydraulique* peut être composée d'une à plusieurs parcelles élémentaires (juxtaposées ou non) correspondant à la durée d'irrigation facturée par le GDA. Par contre, une parcelle élémentaire n'appartient qu'à une seule parcelle hydraulique et à 0 parcelle hydraulique si elle n'a pas été irriguée pendant l'année d'étude. Pour cette année d'investigation la parcelle hydraulique peut être irriguée au moins une fois selon un *tour d'eau*. A un endroit donné, le tour d'eau ne caractérise qu'une seule parcelle hydraulique. Pour alimenter les parcelles selon ce tour d'eau, il faut un *approvisionnement en eau* et aucun approvisionnement si aucun tour d'eau n'est desservi.

Chaque classe est caractérisée par un ensemble d'attributs dont un attribut spécifique qui est l'identifiant (figure 1, attribut en gras).

Le système d'évaluation et choix de validation

Les attributs de tables (figure 1) deviennent les variables de la base de données. La procédure d'acquisition des données pour l'année agricole 2006-2007 et les choix de validation sont exposés ci-dessous.

L'exploitation agricole est définie par un ensemble de données recueillies sur la base d'exploitation des données disponibles (plans parcellaires, Rôle), et d'investigations de terrain (observations et enquêtes). Certaines données, notamment les surfaces totales et celles irriguées pouvant déterminer la fréquence du tour d'eau et la performance du palmier dattier (hypothèses A1 et B) sont le fruit de l'actualisation du plan parcellaire établi depuis 1984 (CNEA, 1984) et non réactualisé depuis cette date. D'autres données concernant les propriétaires sont renseignées sur la base d'enquête et sont supposées déterminantes quant aux dysfonctionnements du tour d'eau et la performance du palmier dattier (hypothèses A2 et B5).

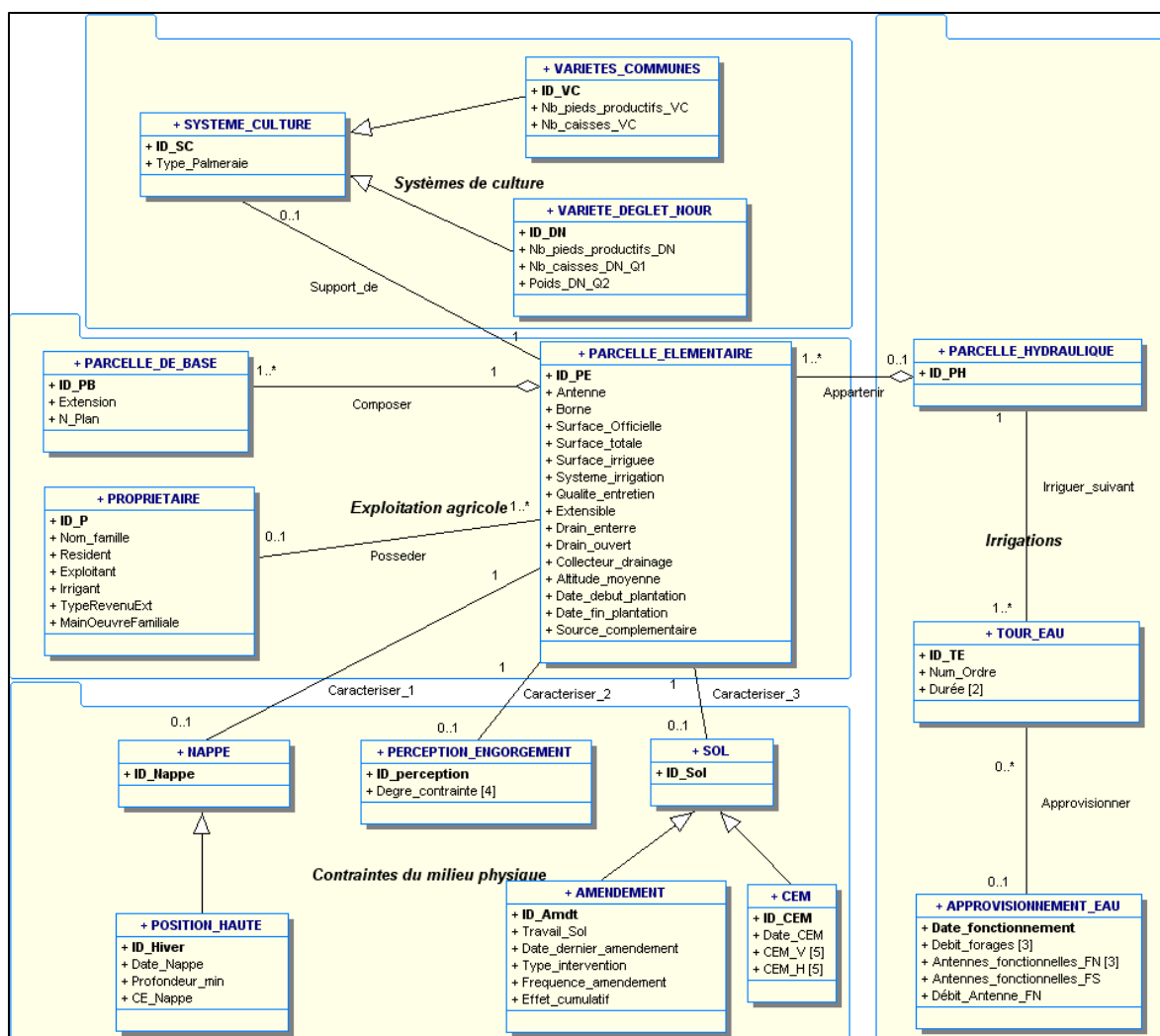


Figure 1. Diagramme de classes.

Vu la structure actuelle des systèmes de cultures (disparition des arbres fruitiers et des légumes) et les incertitudes sur le rendement de la strate des cultures fourragères, nous avons choisi de caractériser la palmeraie en ne se basant que sur la strate du palmier (intensive, marginale, abandonnée,...). Le rendement est considéré comme la variable clé qui caractérise la performance de la palmeraie (famille B d'hypothèses). Pour accéder à cette information au cours de la récolte de 2006-2007, les investigations de terrain se sont fondées sur une estimation visuelle par un acheteur sur pied résidant au village de Fatnassa. Dans cet objectif, la procédure consistait à un passage par toutes les parcelles élémentaires au moment de la récolte pour (i) compter le nombre de palmiers productifs pour chaque variété : Deglet Nour (DN) et Variétés communes (VC) ; pour (ii) estimer le nombre de plateaux de dattes de qualité 1 (par palmier si la production des palmiers est visuellement uniforme ou une estimation globale au cas contraire) et le poids de dattes de qualité 2 (dattes en vrac et déchets utilisés comme aliments du bétail) pour la variété DN ; et pour (iii) estimer le nombre de caisses de VC (il n'y a qu'une seule qualité).

Nous avons choisi l'unité « plateau » (1 plateau = 15 kg de dattes branchées DN) et « caisse » (1 caisse = 30 kg de dattes VC) parce que les agriculteurs et les acheteurs sur pieds ont l'habitude de la quantification, visuelle ou réelle, de la production en se basant sur cette unité. Pour valider cette estimation, nous avons compté le nombre de plateaux réellement récoltés pour un échantillon de parcelles élémentaires réparties sur l'ensemble de l'oasis.

La salinité est jugée comme une contrainte majeure qui détermine les pratiques culturales et les performances des systèmes de culture mais aussi qui peut être conditionnée en retour par ces pratiques (hypothèses A2 et B2). Pour caractériser cette variable, nous avons choisi l'échelle de la parcelle élémentaire et un outil de mesure rapide, le conductivimètre électromagnétique pour mesurer la CEM du

sol. Pour ce faire, cinq répétitions pour chaque position de l'appareil de mesure (CEM_V pour la position verticale de l'appareil et CEM_H pour celle horizontale) ont été effectuées pour chaque parcelle élémentaire. Pour avoir des conditions de mesure uniformes et pour minimiser les effets des pratiques culturales, en particulier de l'irrigation, sur l'intensité de signal nous avons choisi une période où la fréquence d'irrigation est la plus faible c'est-à-dire la période de récolte (novembre et octobre 2007) pour effectuer les investigations du terrain.

Pour valider le signal CEM, nous avons essayé de trouver une relation entre le signal, la profondeur et la salinité de la nappe et la salinité du sol exprimée en unité standard (mS/cm). Ces variables sont théoriquement susceptibles d'influencer la mesure CEM (Job *et al.*, 1987). Pour caractériser cette relation, nous avons choisi 23 points de contrôle répartis sur l'ensemble de l'oasis. Pour chaque point (i) un profil de sol sur 1,5 m avec un échantillonnage tous les 20 cm pour déterminer l'humidité et la conductivité électrique au laboratoire ont été réalisés ; (ii) la profondeur et la salinité de la nappe ont été mesurées ; et (iii) la salinité a été caractérisée par le CEM avec quatre répétitions pour chacune des positions de l'appareil.

Tout comme la salinité, l'engorgement influence les performances du système surtout en période hivernale (hypothèse B4). Pour caractériser cette contrainte, les investigations de terrains ont été effectuées au cours du mois février 2008. Les caractéristiques de la nappe en cette période sont supposées représentatives de sa position haute en saison hivernale en se basant sur les travaux de Ben Aissa (2006), mais aussi peu variables d'une année à l'autre dans les mêmes conditions d'irrigation et les mêmes conditions climatiques.

Pour caractériser la nappe, un maillage de 100 m a été appliqué au plan parcellaire. Pour chaque maille, la profondeur et la salinité de la nappe ont été mesurées. Les données acquises au niveau des mailles seront traitées numériquement par des méthodes géostatistiques, en particulier l'interpolation par krigeage. La carte des caractéristiques hivernale de la nappe sera croisée avec le plan parcellaire actualisé pour extraire une valeur moyenne de la profondeur minimale et de la salinité de la nappe pour chaque parcelle élémentaire.

Les caractéristiques du sol sont périodiquement régénérées par des amendements sableux et organiques. Leur fréquence peut influencer la durée d'irrigation et la qualité du système d'irrigation mais aussi la performance du palmier (hypothèses A2 et B3). Les caractéristiques des amendements sont enseignées sur la base d'enquêtes et d'observations de terrain.

La durée et la dose supposées déterminantes quant aux dysfonctionnements du tour d'eau et aux performances des palmeraies (hypothèses A et B1), sont renseignées au cours de l'année d'étude sur la base des feuilles de suivi du tour d'eau. Il s'agit de faire correspondre à chaque durée d'irrigation la parcelle hydraulique en question. Pour déterminer la dose (durée * débit / surface irriguée) le travail consiste à remonter au débit d'antenne. Pour ce faire, il s'agit de renseigner le débit journalier de chaque forage (mémoire du personnel du GDA et CRDA) et le nombre d'antennes fonctionnelles correspondantes sur chacune des oasis Fatnassa Nord et Fatnassa Sud (feuilles de suivi journalier du tour d'eau)

Performances du système irrigué

L'exploitation préliminaire des données a été orientée vers la mise en évidence des deux familles d'hypothèses concernant la performance de l'irrigation et la règle collective de sa gestion, d'une part, et la performance du palmier dattier, d'autre part.

La figure 2 représente la fréquence du tour d'eau sur chacune des trois antennes. Pour cette représentation, les durées entre deux irrigations successives sur toutes les parcelles de chaque antenne ont été calculées et représentées en fonction de la deuxième date d'irrigation. Les allures des nuages de points montrent le dépassement effectif de la fréquence du tour d'eau par rapport à la règle collective de gestion de l'irrigation de fréquence théorique de 21 jours pour les trois antennes d'irrigation durant toute l'année d'investigation, saison hivernale comme saison estivale.

La période hivernale (décembre 06 - avril 07) est caractérisée par des périodes d'arrêts plus marquées sur les antennes A1 et A3. Le comportement médian est de 3 irrigations sur ces deux antennes avec une moyenne plus élevée sur A1 que A3 soit respectivement 2,68 et 2,59 ; alors que le comportement médian sur A2 est de 2 irrigations avec une moyenne de 2,5 irrigations.

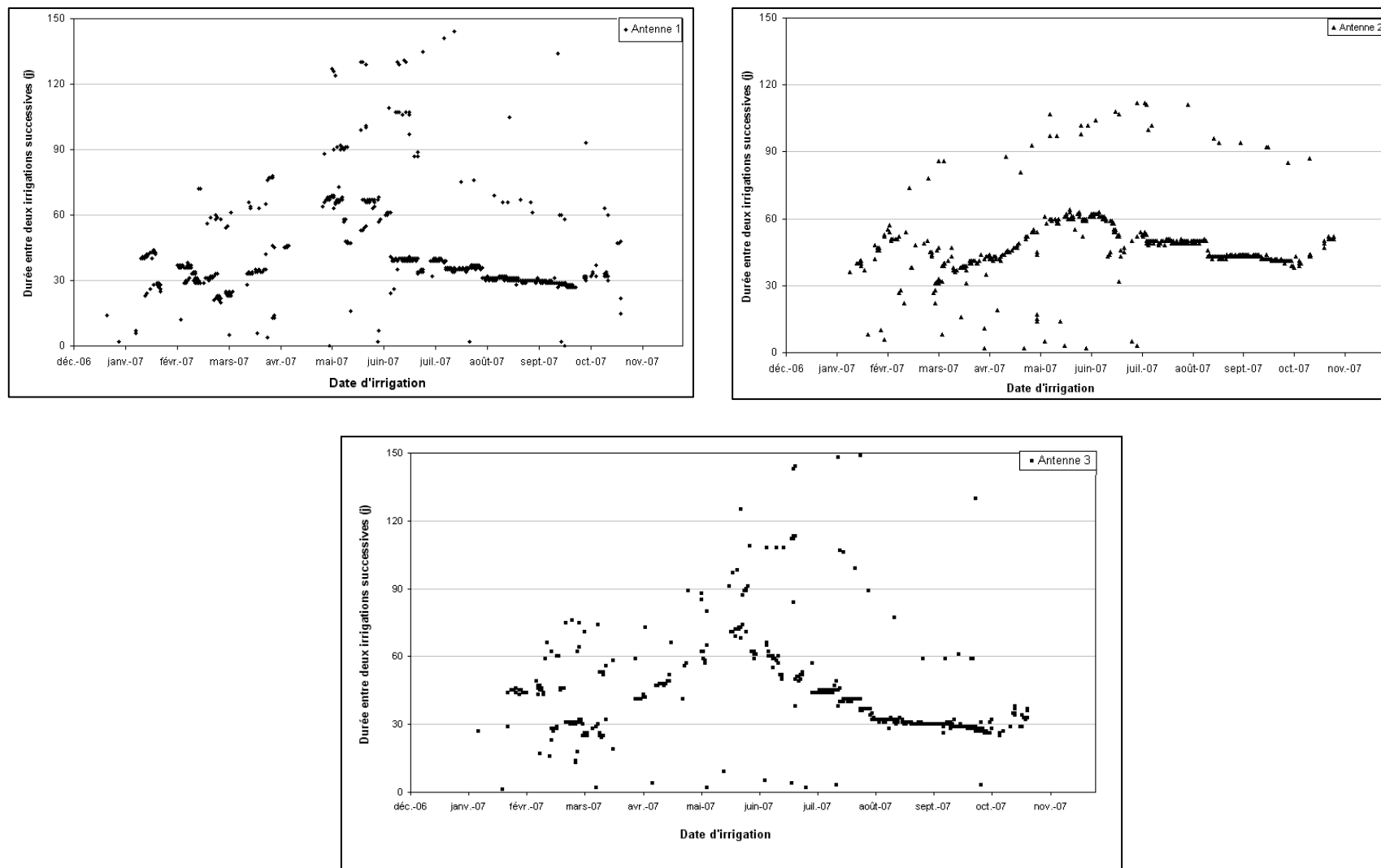


Figure 2. Evolution de la fréquence du tour d'eau pour l'année agricole 06/07 sur les trois antennes d'irrigations de l'oasis de Fatnassa

La période estivale est caractérisée par la mise en place d'un tour d'eau régulier où le dépassement de la durée théorique est globalement plus marqué sur l'antenne A2. Ce dépassement atteint 60 jours au début de la saison estivale (mai et juin) puis se stabilise à 50 puis à 40 jours en pleine saison estivale ; quant à l'antenne 3, elle est marquée par un dépassement plus marqué au début de la saison de pointe (70 jours vers la mi-mai) pour se stabiliser à 30 jours d'août à novembre 2007. L'antenne A1 est caractérisée par une fréquence estivale du tour d'eau similaire à celle de l'antenne A3. Le tour d'eau permet en moyenne 4,48 et 4,41 irrigations pour respectivement A1 et A3 pour une médiane de 5 irrigations et seulement 3,55 irrigations sur A2 pour un comportement médian de 4 irrigations.

Malgré l'abandon des parcelles qui se traduit par la non irrigation d'un ensemble de parcelles plantées en palmier dattier (tableau I) : 11,52 %, 9,83 % et 4,32 % de la surface réelle, le tour d'eau réel n'autorise en moyenne que 7, 7,15 et 6,05 irrigations pour respectivement A3, A1 et A2. L'évolution des surfaces nettes irriguées, par rapport à la surface officielle, caractérise les trois antennes avec une surface totale nette irriguée supérieure à la surface théorique pour les antennes A2 et A3 soit respectivement 1,35 et 1,09 fois alors que pour l'antenne A1, la surface nette réellement irriguée est inférieure à la surface théorique (tableau I). Malgré cette diminution de surface due à l'abandon des anciennes plantations et la non possibilité d'extension des surfaces irriguées (existence de barrières physiques, le village et les dunes), l'antenne A1 n'a pas été épargnée des dysfonctionnements du tour d'eau (figure 2).

La durée moyenne d'irrigation par tour d'eau et pour l'année d'étude a été calculée pour chacune des parcelles élémentaires irriguées. L'effectif des parcelles élémentaires irriguées a été représenté en fonction de la classe d'irrigation moyenne pour chacune des trois antennes (figure 3). Cette représentation montre que seulement 9,04 %, 14,29 % et 18,37 % des parcelles où la durée théorique de 10 h/ha/tour d'eau a été respectée alors que 64,36 %, 73,11 % et 67,35 % des parcelles ont une durée d'irrigation entre 10 et 25 h/ha/tour d'eau pour respectivement A1, A2 et A3. L'antenne A1 présente 26,60 % des parcelles ayant une durée d'irrigation supérieure à 25 h/ha/tour d'eau vient ensuite l'antenne A3 (14,29%) et finalement l'antenne A2 (12,61 %).

La performance du palmier dattier dans l'oasis de Fatnassa est variable. Pour un échantillon de 324 parmi 428 parcelles élémentaires irriguées, le rendement total en DN et VC a été estimé et représenté (figure 4a). Cette représentation montre que 40,88 % de parcelles de l'échantillon ont un rendement total faible (<3 tonnes/ha) alors que seulement 34,28 % des parcelles ont un rendement supérieur à 10 tonnes/ha et le reste a un rendement moyen entre 3 et 10 tonnes/ha. La qualité de dattes DN destinée à l'export (dattes branchées de qualité 1) (figure 4a) a été aussi estimée. La figure 4a montre que seulement 10,97 % des parcelles élémentaires irriguées ont un rendement supérieur à 10 t/ha alors que 46,08 % ont un rendement en dattes DN Q1 inférieur à 1 t/ha.

La densité de palmiers productifs pour l'année agricole 2006-2007 est aussi très variable allant de moins 10 pieds/ha à plus de 150 pieds/ha (figure 4b). Toutefois, l'oasis de Fatnassa est caractérisée par une forte densité où 56,68 % de l'échantillon a une densité de palmier supérieure à 150 pieds/ha.

Tableau I. Caractéristiques des antennes, nombre de parcelles et surfaces

Antenne	Nombre total de parcelles	Surface théorique (ha)	Surface totale réelle (ha)	Surface réelle irriguée (ha)	Surface moyenne irriguée (ha)	Nombre de parcelles abandonnées
A1	245	37,47	37,02	33,38	0,1506	45
A2	138	39,05	55,32	52,93	0,3994	10
A3	125	35,94	44,38	39,26	0,3566	23
Total	508	112,46	136,72	125,57		78

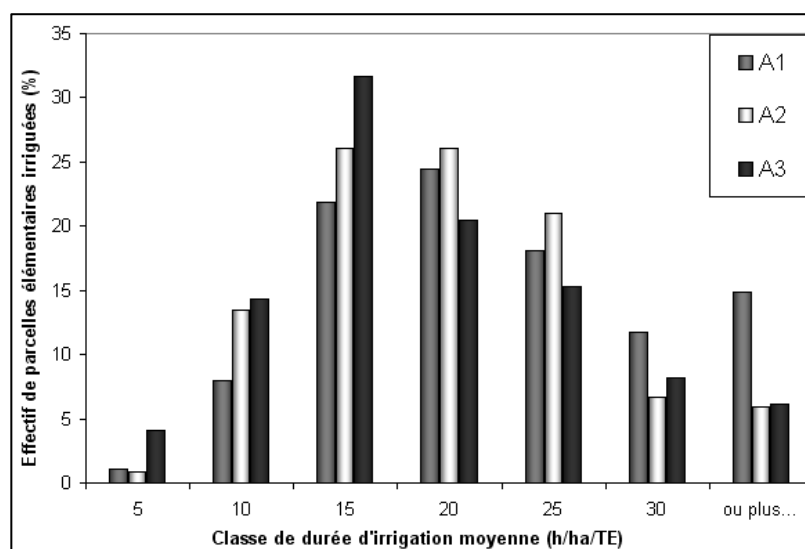
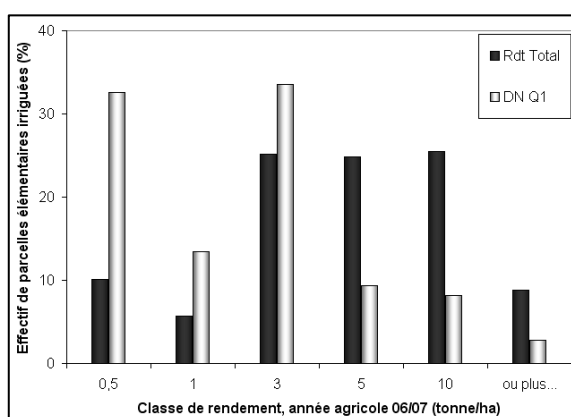
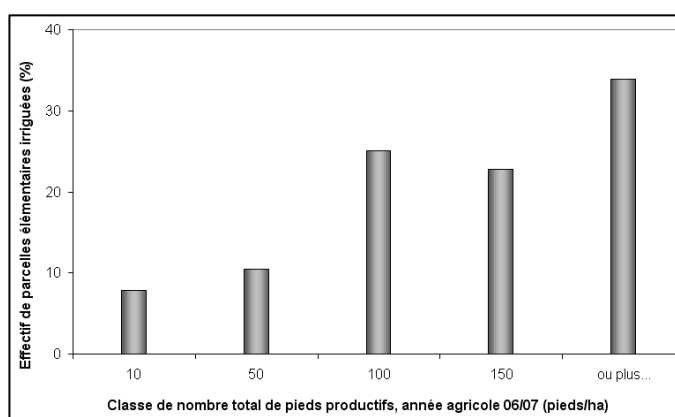


Figure 3. Durée d'irrigation moyenne par tour d'eau pour l'année agricole 2006-2007.



a) Rendement du palmier dattier.



b) Nombre de pieds DN et VC productifs.

Figure 4. Performance du palmier dattier de l'oasis de Fatnassa, année agricole 2006-2007.

Conclusion

Un système d'évaluation des performances de l'oasis de Fatnassa a été mis en place. Les hypothèses sur les déterminants de ces performances ont été identifiées puis restructurées en variables classées et mises en relation sous langage UML. Dans la base de données relationnelle extraite à partir du modèle conceptuel UML, les variables ont été renseignées et validées en se fondant sur des mesures, des observations de terrain, des enquêtes et des exploitations de données disponibles (plans parcellaires, Rôle et feuilles du suivi journalier du tour d'eau).

Ce système d'évaluation distingue (i) des dysfonctionnements du tour d'eau par rapport à la règle collective qui concordent avec l'hypothèse de départ sur les dysfonctionnements déclarés du tour d'eau, la surface irriguée et la performance de l'irrigation en jouent un rôle déterminant ; (ii) la performance de la strate du palmier dattier exprimée en rendement total (DN+VC) ou en qualité destinée à l'importation est caractérisée par une variabilité importante.

Les déterminants de la performance de l'irrigation et du palmier dattier seront analysés, évalués dans une phase ultérieure. Des indicateurs de performances seront aussi élaborés et spatialisés pour servir de support de discussion avec les acteurs locaux.

Références bibliographiques

- AUDIBERT L., 2006. UML 2.0. Cours. Institut Universitaire de Technologie de Villetaneuse – Département Informatique, Villetaneuse, France [online] URL <http://www-lipn.univ-paris13.fr/audibert/pages/enseignement/cours.htm> dernier accès avril 2008.
- BAZZANI G.M., 2005. An integrated decision support system for irrigation and water policy design: DSIRR. *Environmental Modelling & Software* 20: 153-163.
- BEKELE Z., TILAHUN K., 2006. On-farm performance evaluation of improved traditional small-scale irrigation practices: A case study from Dire Dawa area, Ethiopia. *Irrigation and Drainage Systems* 20, 83-98.
- Ben AISSA I., 2006. Evaluation de la performance d'un réseau de drainage enterré au sein d'une oasis modernisée du sud tunisien : Cas de l'oasis de Fatnassa-Nord à Kébili Tunisie.. Agrom, Montpellier, France, 119 p.
- CAI X., MCKINNEY D.C., ROSEGRANT M.W., 2003. Sustainability analysis for irrigation water management in the Aral Sea region. *Agricultural Systems* 76: 1043-1066.
- CNEA, 1984. Projet de rénovation et de création d'oasis dans la Nefsaoua. Centre National d'Etudes Agricoles, Oasis de Fatnassa 1, Fatnassa 2, Bechri et Zaouiet el Anez, Avant projet, 45 p.
- DECHMI F., PLAYÀN E., FACI J.M., TEJERO M., BERCERO A., 2003. Analysis of an irrigation district in northeastern Spain II. Irrigation evaluation, simulation and scheduling. *Agricultural Water Management* 61, 93-109.
- FUSILLIER J.L., AMAMI H., 2008. Les déterminants économiques et sociaux de l'extension des palmeraies anciennes, cas de l'oasis Fatnassa. Communication à l'atelier régional du projet SIRMA, Mostaganem, Algérie, 26-28 mai 2008 (sous presse).
- GHAZOUANI W., MARLET S., MEKKI I., VIDAL A., 2008a. Diagnostic et analyse du fonctionnement d'un périmètre oasien. Cas de l'oasis de Fatnassa Nord, Kébili, sud tunisien. In Kuper M & Zaïri A ed. Actes du troisième atelier régional du projet Sirma. Cirad, Montpellier, France, colloques-cédérom, Nabeul, Tunisie, 4-7 juin 2007.
- GHAZOUANI W., MARLET S., VIDAL A., MEKKI I., 2008B. Are farmers' discourse and perception relevant for constraint analysis in a collective irrigated scheme? Papier à soumettre à Irrigation and drainage systems.
- GORANTIWAR S.D., SMOUT IK., 2006. Model for performance based land area and water allocation within irrigation schemes. *Irrig Drainage Syst*, 20, 345-360.
- Isidoro D., Quilez D., Aragüés R., 2004. Water balance and irrigation performance analysis: La Violada irrigation district Spain. as a case study. *Agricultural Water Management* 64, 123-142.
- Job J.O., Loyer J.Y., & Ailoul M., 1987. Utilisation de la conductivité électromagnétique pour la mesure directe de la salinité des sols. *Cah. ORSTOM, ser. Pédol.* XXIII, n° 2, 123-131.
- Koo S.R., Son H.S., Seong P.H., 2003. A method of formal requirement analysis for NPP I&C systems based on UML modeling with software cost reduction. *The Journal of Systems and Software* 67, 213-224.
- MARLET S., BOUKSILA F., MEKKI I., BENAISSA I. 2008. Fonctionnement et salinité de la nappe de l'oasis de Fatnassa : arguments géochimiques. In Kuper M & Zaïri A ed. Actes du troisième atelier régional du projet SIRMA. Cirad, Montpellier, France, colloques-cédérom, Nabeul, Tunisie, 4-7 juin 2007.
- OMG, 1999. Unified Modeling Language Specification. Version 1.3, June 1999, pp. 808.
- PALLUAT N., RACOCEANU D., ZERHOUNI N., 2006. A neuro-fuzzy monitoring system Application to flexible production systems. *Computers in Industry* 57, 528-538.
- PHENGPHAENGSY F., OKUDAIRA H., 2008. Assessment of irrigation efficiencies and water productivity in paddy fields in the lower Mekong River Basin, *Paddy Water Environ* 6, 105-114.
- QADIR M., BOERS T.M., SCHUBERT S., GHAFOR A., MURTAZA G., 2003. Agricultural water management in water-starved countries: challenges and opportunities. *Agricultural Water Management* 62, 165-185.